

Factsheet

Quecksilber

Dr. med. Dr. sc. nat. Michael Koller, Dr. med. Claudia Pletscher, Dr. med. Marcel Jost

Berufskrankheiten im Zusammenhang mit Quecksilber (Hg) sind selten geworden und werden der Suva nur noch vereinzelt gemeldet. Der Einsatz des Metalls wurde nämlich aufgrund seiner Toxizität weitgehend verboten und Quecksilber wenn möglich durch andere Substanzen ersetzt. Trotzdem sind auch heute noch Arbeitnehmende exponiert. Diese werden von der Suva der arbeitsmedizinischen Vorsorge unterstellt und mittels Biomonitoring überwacht.

1. Eigenschaften und Verwendung von Quecksilber und seinen Verbindungen

1.1. Elementares Quecksilber

Das elementare Quecksilber (Hg) liegt als einziges Metall bereits bei Zimmertemperatur in flüssigem Zustand vor, die Schmelz-/Erstarrungstemperatur beträgt $-38,9^{\circ}\text{C}$. Die deutsche Bezeichnung Quecksilber bedeutet denn auch "lebendiges Silber" entsprechend den althochdeutschen Ausdrücken "quęc" (lebendig) und "silabar" (Silber). Auch die Bezeichnung "quick-lebendig" leitet sich davon ab. Der hohe Dampfdruck von Quecksilber ist verantwortlich für die ausgeprägte Toxizität, da die Dämpfe eingeatmet werden können. Sein spezifisches Gewicht ist mit 13.5 g/cm^3 höher als jenes von Blei, und es ist gegen chemische Einflüsse relativ widerstandsfähig. Es weist überdies eine starke Wärmeausdehnung auf, die sich zwischen 0° und 100°C zur Temperatur-Veränderung direkt proportional verhält - Quecksilber fand deshalb in Thermometern weite Verbreitung. Heute wird elementares Quecksilber z.B. noch als Kathodenmaterial bei der Chlorherstellung mittels Chloralkalielektrolyse oder in Batterien und Leuchtstoffröhren verwendet (Tabelle 1).

1.2. Legierungen mit Quecksilber (Amalgame)

Quecksilber kann mit einigen Metallen, darunter Gold, Silber, Natrium, Kalium, Zink und Kupfer Legierungen bilden. Diese werden Amalgame genannt. Das in der Zahnmedizin früher verwendete Amalgam besteht ungefähr zu 50% aus Quecksilber und zu 50% aus einer Mischung aus Silber, Zinn, Kupfer und Zink (siehe Kapitel "2.6. Quecksilberbelastungen in der Zahnmedizin"). Eine Besonderheit der Quecksilberlegierungen besteht darin, dass diese ohne oder mit relativ geringer Wärmezufuhr gebildet werden können; die Festmetalle werden dabei im flüssigem Quecksilber aufgelöst. Mit Hilfe der Amalgamation können die mit Quecksilber

legierbaren Metalle von nicht legierbaren und von Nichtmetallen abgetrennt werden. Dies wurde früher im grossen Stil zum Beispiel zur Gewinnung von Gold aus Fluss-Sand oder von Gold und Silber aus zerkleinertem Erz und bei der Rückgewinnung dieser Edelmetalle aus gebrauchten Gegenständen und Abfällen angewendet. Mit Amalgamen können auch Gold-, Silber- und Zink-Beschichtungen ausgeführt werden, indem man Gegenstände mit dem entsprechenden Amalgam bestreicht und dann das Quecksilber zur Verdampfung bringt (z.B. beim Feuervergolden und Feuerversilbern). Eisen ist nicht amalgamisierbar, so dass Quecksilber in Eisengefässen aufbewahrt und transportiert werden kann.

1.3. Organische Quecksilberverbindungen

Bei den organischen Quecksilberverbindungen ist Quecksilber mit einem oder zwei Kohlenstoff-Atomen kovalent gebunden. Der organische Rest ist am häufigsten eine Alkyl-, Phenyl- oder Methoxyethyl-Gruppe. Methyl-, Ethyl- und Phenylquecksilbersalze sind für Pilze, Algen und Bakterien toxisch, weswegen sie als Desinfektions- und Konservierungsmittel in Medikamenten, Lotionen, Crèmen, Salben, Seifen und Dispersionsfarben, als Saatgutbeizmittel und zur Holzkonservierung eingesetzt wurden oder werden. Heute ist Quecksilber in diesen Anwendungen grossenteils durch andere Substanzen ersetzt worden.

1.4. Anorganische Quecksilberverbindungen

Hier ist das Quecksilber mit anorganischen Elementen wie Chlor, Schwefel oder Sauerstoff verbunden. Bekannte anorganische Quecksilbersalze sind:

- HgS (Merkurisulfid, Zinnober), das am häufigsten vorkommende Quecksilbererz, welches zu Quecksilber verhüttet oder als Farbpigment gebraucht wird.
- HgCl_2 (Merkurichlorid, Sublimat), welches früher zur Desinfektion, Holz- und Saatgutbeize und zur Behandlung der Syphilis eingesetzt wurde.
- Hg_2Cl_2 (Merkurochlorid, Kalomel), das ebenfalls zur Behandlung der Syphilis, aber auch als Laxans und Diuretikum eingesetzt wurde. Weitere Verwendungen sind Kalomelelektroden, grünleuchtende Fackeln und die Porzellanmalerei.
- HgO (Quecksilberoxid) in der Porzellanmalerei, als Depigmentierungsmittel in Salben, in Schiffsanstrichen oder als Katalysator zur Entschwefelung organischer Stoffe.
- $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ (Quecksilbernitrat) zum Beizen der Hasenhaare in der Hutmacherei.

1.5. Übersicht über mögliche Expositionen mit Quecksilber in der Schweiz

Da Quecksilber in der Schweiz und den meisten andern Ländern in vielen Bereichen verboten ist, sind arbeitsplatzbedingte Vergiftungen selten geworden. Generell finden sich heute noch relevante Quecksilberbelastungen bei Arbeitnehmern in der Chloralkalielektrolyse, im Recycling von Batterien und Leuchtstoffröhren und in Deponien. Auch Restauratoren können Quecksilber ausgesetzt sein, so zum Beispiel bei der Wiederherstellung des Grünen Gewölbes im Dresdner Schloss, wo sich quecksilberbeschichtete Spiegel befanden. Die Restauratoren mussten bei der Neubeschichtung der Spiegel mit Quecksilber vor übermässiger Belastung

geschützt werden. Ausserberuflich können Nahrungsmittel (insbesondere Meerfisch), nicht registrierte Heilmittel (zumeist ausländische, pflanzliche Heilmittel), Unfälle mit quecksilberenthaltenden Produkten wie alten Fieberthermometern oder das Einbringen bzw. Entfernen von Amalgamfüllungen (siehe Kapitel "2.6. Quecksilberbelastungen in der Zahnmedizin") zu Expositionen mit Quecksilber führen.

Tabelle 1 Einsatz von Quecksilber und seinen Verbindungen in diversen Berufen

Beruf	Exposition
Juweliere	<ul style="list-style-type: none"> • Abtrennen von Gold und Silber • Reparaturen an amalgamisierten Metallen
Restauratoren	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturen an amalgamisiertem Gold, Silber und Zink • Reparaturen an quecksilberhaltigen Spiegeln
Feuervergoldungs- und Feuerver Silberungs-Manufakturen	<ul style="list-style-type: none"> • Selten angewandte Technik zur Vergoldung und früher auch Versilberung
Hersteller von quecksilberhaltigen Messgeräten	<ul style="list-style-type: none"> • Alte quecksilberenthaltende Thermometer, Thermostaten, Barometer, Gasdruckmesser, Blutdruck-Messgeräte, Vakuummeter, Druckregler und Rückstauventile
Zahnarztpraxen	<ul style="list-style-type: none"> • Amalgamfüllungen
Chloralkalielektrolyse	<ul style="list-style-type: none"> • Verfahren zur Herstellung von Chlor und Alkalilaugen
Elektrotechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Überleitung von elektrischem Strom mittels flüssigem Quecksilber z.B. in elektrischen Hochleistungsmotoren von Lokomotiven oder Miniatur-Batterien (Knopfzellen)
Leuchtstoffröhren und UV-Lampen	<ul style="list-style-type: none"> • Quecksilberdampf in Leuchtstoffröhren
Agrochemie, Konservierungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Saatgut- und Holzbeizen • Konservierung von anatomischen Präparaten und ausgestopften Tieren
Farben und Maler	<ul style="list-style-type: none"> • Zinnober als Farbpigment z.B. bei Schiffaussenanstrichen
Pyrotechnik, Sprengstoffe, Munitionsfabriken	<ul style="list-style-type: none"> • Munitionszünder • Grünleuchtende Fackeln oder Pharaoschlangen
Medizinalbranche	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfektions- und Konservierungsmittel in Salben, Crèmen, Medikamenten, Desinfektionsmitteln
Müllbeseitigung und Quecksilberrecycling	<ul style="list-style-type: none"> • Beseitigung von Abfällen mit quecksilberhaltigen Materialien

2. Symptome und Befunde bei Intoxikationen mit Quecksilber und seinen Verbindungen

2.1. Allgemeines zu quecksilberbedingten Berufskrankheiten

Quecksilberbedingte Berufskrankheiten gehen heute meistens auf eine inhalative Exposition oder einen Hautkontakt mit metallischem Quecksilber oder anorganischen Verbindungen (Quecksilberoxid, Quecksilberchlorid) zurück. Berufliche Intoxikationen mit organischen Quecksilberverbindungen wie z.B. Methylquecksilber sind selten. In der Schweiz wurden in den letzten Jahren nur noch vereinzelte Berufskrankheiten mit Quecksilber gemeldet. Der Vollständigkeit halber ist in den folgenden Abschnitten jedoch auch die Symptomatik von schweren Krankheitsbildern beschrieben. Zu beachten ist die lange biologische Halbwertszeit, welche für den Gesamtorganismus zirka 60 Tage und für das Gehirn mehrere Jahre beträgt.

2.2. Intoxikation mit elementarem Quecksilber

Metallisches Quecksilber weist einen erheblichen Dampfdruck auf, weswegen es leicht in die Raumluft gelangt und über die Lunge in den menschlichen Körper aufgenommen wird. Quecksilberdampf kann zum Beispiel beim Zerschlagen einer quecksilberhaltigen Lampe entstehen. Die Luftbelastung reduziert sich allerdings nach einem 15-minütigen Lüften erheblich. Zur Reinigung der Glassplitter und des ausgetretenen Quecksilbers verwendet man am besten einen Karton oder steifes Papier, keinesfalls sollten Besen, Handfeger oder Staubsauger benutzt werden!

Auch über die Haut kann elementares Quecksilber resorbiert werden. Hingegen spielt die Aufnahme über den Gastrointestinaltrakt in der Arbeitsmedizin keine Rolle, die Resorptionsrate ist kleiner als 0.1%. Die Ausscheidung erfolgt hauptsächlich über den Urin.

Beim Einatmen von hochkonzentriertem Quecksilberdampf kommt es zu Reizungen und Schädigungen der Atemwege und Lungen in Form einer Bronchitis, Bronchiolitis, chemischer Pneumonitis und einem ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome). Die Patienten leiden an Dyspnoe, Brustschmerzen, Husten, Hämoptyse, Schwäche, Schwindel, Übelkeit und vermehrtem Schwitzen. Im Labor können eine Leukozytose und Hypoxämie gemessen werden.

Bei einer chronischen Vergiftung treten vorerst unspezifische Symptome wie Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Gewichtsabnahme oder Gliederschmerzen auf. Eine Vielzahl von Symptomen kann vom zentralen Nervensystem ausgehen. Typisch ist der Erethismus mercurialis mit Argwohn, Erregtheit und Streitsucht. Der Tremor mercurialis tritt vor allem als Intentionstremor distal betont an den oberen Extremitäten auf, kann aber auch den ganzen Körper erfassen und mit intermittierend einfahrenden groben Bewegungen der Extremitäten verbunden sein. Typischerweise haben solche Patienten eine zitterige Schrift. Die Sprache wird zunehmend verwachsen, die Patienten stottern und Zischlaute bereiten Mühe (Psellismus mercurialis). Im Laufe der Zeit treten ausserdem Gedächtnisstörungen auf. Nebst der Funktionsstörung des zentralen Nervensystems findet sich auch eine Verlangsamung der sensorischen und motorischen Nervenleitgeschwindigkeit. Nach Exposition mit Quecksilber können die Symptome über Jahre persistieren, die Schäden sind oft irreversibel.

Neben den nervösen Symptomen entwickeln sich Gingivitiden und Stomatitiden mit Zahnlockerung und ein Zahnfleischsaum. Es kommt zu Nierenschäden mit Proteinurie oder nephrotischem Syndrom. Daneben beobachtet man Leberfunktionsstörungen und Diarrhoe. Auch Ablagerungen in der hinteren Linsenkapsel des Auges werden beschrieben, welche mittels Spaltlampe diagnostiziert werden können (Atkinson-Augenreflex).

Die Symptome Tremor, Erethismus und Gingivitis galten als klassische Trias einer chronischen Quecksilbervergiftung.

2.3. Intoxikation mit anorganischen Quecksilberverbindungen

Die respiratorische Aufnahme von anorganischen Quecksilberverbindungen ist selten, weswegen kaum Daten hierzu bekannt sind. Bei peroraler Aufnahme kann es im Mundbereich, Rachen und in der Speiseröhre sowie im Magen-Darm-Trakt zu Reizungen und Verätzungen kommen, die mit entsprechenden Entzündungen und Beschwerden wie Erbrechen oder schmerzhaften andauernden Stuhlgängen einhergehen. In schweren Fällen kann es zu einem Kreislaufkollaps und Schock kommen.

Chronische Vergiftungen mit anorganischen Quecksilbersalzen schädigen in erster Linie die Niere (Glomerulonephritis, Nierenversagen), da anorganische Hg-Verbindungen hauptsächlich über die Glomeruli der Niere ausgeschieden werden. Auch zentralnervöse Störungen können auftreten und wurden früher oft bei Hutmachern gesehen, welche zur Herstellung des Filzes anorganische Quecksilberverbindungen verwendeten. Die bei den Hutmachern beobachteten psychopathologischen Veränderungen führten im englischsprachigen Raum zum Ausdruck "mad as a hatter" (verrückt wie ein Hutmacher) oder dienten als Grundlage für den verrückten Hutmacher im Roman "Alice im Wunderland".

2.4. Intoxikationen mit organischen Quecksilberverbindungen

Nichtkurzkettige Verbindungen wie Phenylquecksilber oder Alkoxyquecksilber verhalten sich toxikologisch ähnlich wie metallisches Quecksilber, da diese schnell metabolisiert werden und das Quecksilberatom abspalten. Kurzkettige Alkylquecksilberverbindungen - insbesondere das Methylquecksilber - unterscheiden sich hiervon, denn das Quecksilberatom bleibt relativ lange am Kohlenstoff gebunden. Die Aufnahme findet über den Gastrointestinaltrakt, die Lungen oder die Haut statt, wobei die Aufnahme über die Haut bei den organischen Quecksilberverbindungen stärker ist als bei den metallischen oder anorganischen. Die Ausscheidung erfolgt im Gegensatz zu elementarem Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen über den Magen-Darm-Trakt.

Die lipidlöslichen Quecksilberverbindungen passieren die Blut-Hirnschranke leicht und weisen eine hohe Affinität zu Nervenzellen auf. Sie wirken daher in erster Linie neurotoxisch, wobei vor allem die sensorischen Qualitäten betroffen sind. Man beobachtet Parästhesien, Gesichtsfeldeinschränkung, Hörverminderung, Ataxie, Dysarthrie und Tremor. Die psychischen Effekte sind meist weniger ausgeprägt als bei den Intoxikationen durch metallisches Quecksilber, es können aber auch hier Neurasthenie, Lethargie oder Erregtheit, Depression, Emotions-

labilität, Vergesslichkeit und Verwirrtheit auftreten. Weitere Symptome sind starker Speichelfluss, eventuell Leberschädigung sowie Diarrhoe.

Organische Quecksilberverbindungen, insbesondere das Methylquecksilber, haben in der Vergangenheit immer wieder zu Massenvergiftungen geführt. So erlangte die Ortschaft Minamata in Japan in den 1950er Jahren traurige Berühmtheit, als Tausende von Menschen nach dem Verzehr von mit Quecksilber verseuchten Fischen erkrankten und starben. Minamata wurde damals zum Sinnbild für die Folgen unkontrollierter Umweltverschmutzung. In den 1970er Jahren kam es im Irak nach dem Einsatz von Quecksilber als Beizmittel im Saatgut zu einer Massenvergiftung. Auch wenn Methylquecksilber toxikologisch bei der Bevölkerung weltweit von grosser Bedeutung ist, spielt es in der Arbeitsmedizin kaum eine Rolle.

2.5. Hautreaktionen bei Kontakt mit Quecksilber

Quecksilber und seine Verbindungen können in seltenen Fällen auf allergischer Basis sowohl allergische Kontaktekzeme vom Spättyp hervorrufen als auch nach Inhalation, Injektion oder peroraler Aufnahme zu einer Sofortreaktion in Form von Urtikaria, Asthma und anaphylaktischem Schock führen. Metallisches Quecksilber, anorganische und organische Quecksilberverbindungen können untereinander allergische Kreuzreaktionen aufweisen. Dies ist insofern von Bedeutung, als Quecksilberverbindungen auch heute noch in einigen Crèmen, Salben, Augen-, Nasen- und Ohrentropfen sowie in Körperpflüssigkeiten und in Impfstoffen als Desinfektionsmittel und Antiseptika verwendet werden. Quecksilberhaltige Crèmen oder Salben, die zur Depigmentierung appliziert werden, können bei langdauernder Anwendung ausserdem zu einem paradoxen Effekt mit Hyperpigmentation vor allem in Hautfalten führen. Gewisse Quecksilberverbindungen wie HgCl_2 und Quecksilberfulminat ($\text{C}_2\text{HgN}_2\text{O}_2$) besitzen neben einer allergischen auch eine ausgeprägte irritative Wirkung auf die Haut. Auf die Atemwege wirkt Hg nicht direkt sensibilisierend.

2.6. Quecksilberbelastungen in der Zahnmedizin

Amalgam war bis Ende des 20. Jahrhunderts ein gebräuchliches Material zur Füllung defekter Zähne. Die Zusammensetzung ist in der Regel zirka 50% metallisches Quecksilber und 50% einer Mischung aus Silber, Kupfer, Zinn und Zink. Gelegentlich enthalten die Amalgame auch geringe Anteile an Palladium, Indium oder anderen Metallen.

Heutzutage werden Amalgame, soweit sie noch Verwendung finden, meistens aus konfektionierten, verkapselten Portionen bereitgestellt, wodurch direkte Hautkontakte weitgehend vermieden werden können und die Raumluft durch Quecksilber weniger belastet wird. Für Zahnärzte/-innen, das Zahnarztpersonal und die Patienten ist bei der heute gebräuchlichen Dentaltechnik nicht mit einer toxisch wirksamen Quecksilberbelastung über die Raumluft zu rechnen.

Bei Zahnärzten/-innen und beim Praxispersonal werden auch Quecksilberallergien vor allem in Form von Kontaktdermatitiden beschrieben. Es handelt sich dabei allerdings um selten vorkommende Berufskrankheiten.

3. Grundlagen der Arbeitsplatzbeurteilung: Grenzwerte

Arbeitsplatzbedingte Quecksilbervergiftungen weisen meistens keine typischen reversiblen Frühsymptome auf, deshalb ist die Prävention mit Überwachung der Quecksilberkonzentration in der Raumluft und im biologischen Material wichtig. Im Extremfall können sogar bei einmaliger Aufnahme, sofern hierbei die Grenzwerte um ein Mehrfaches überschritten wurden, Vergiftungssymptome auftreten. Wie wichtig präventive Massnahmen sind, zeigen ausserdem verschiedene Studien bei Industrie- und Chloralkaliarbeitern, bei welchen quecksilberbedingte Funktionsstörungen noch Jahrzehnte nach Expositionsende nachweisbar waren.

Die am Arbeitsplatz gemessene Hg_g-Konzentration wird mit den in der Schweizer Grenzwertliste aufgeführten MAK- und BAT-Werten verglichen. Der **MAK-Wert** ist die höchst zulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf-, oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegenden Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet.

Der **BAT-Wert** (Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert) beschreibt die arbeitsmedizinisch-toxikologisch abgeleitete Konzentration eines Arbeitsstoffes, seiner Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material, bei dem im Allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten, auch bei wiederholter und langfristiger Exposition nicht beeinträchtigt wird. BAT-Werte beruhen auf einer Beziehung zwischen der äusseren und inneren Exposition oder zwischen der inneren Exposition und der dadurch verursachten Wirkung des Arbeitsstoffes. Dabei orientiert sich die Ableitung des BAT-Wertes an den mittleren inneren Expositionen. Der BAT-Wert ist überschritten, wenn bei mehreren Untersuchungen einer Person die mittlere Konzentration des Parameters oberhalb des BAT-Wertes liegt; Messwerte oberhalb des BAT-Wertes müssen arbeitsmedizinisch-toxikologisch bewertet werden. Aus einer alleinigen Überschreitung des BAT-Wertes kann nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Beeinträchtigung abgeleitet werden.

Die BAT-Werte werden zur Interpretation der Ergebnisse des **biologischen Monitoring** herangezogen. Unter biologischem Monitoring versteht man die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmenden gegenüber chemischen Arbeitsstoffen durch Bestimmung des Arbeitsstoffes im biologischen Material wie Blut, Urin oder Ausatemluft, durch Bestimmung von Metaboliten oder durch Bestimmung eines körpereigenen Parameters, der durch den Arbeitsstoff beeinflusst wird. Durch das Biomonitoring kann damit die innere Belastung durch einen Arbeitsstoff oder eine Beanspruchung als Reaktion des Organismus auf den Arbeitsstoff beurteilt werden. Dabei geht man von einer Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Konzentration des Arbeitsstoffes in der Luft und der Wirkung am Zielorgan aus, welche für die Mehrzahl der Arbeitnehmenden gültig ist. Beim biologischen Monitoring werden alle Aufnahmewege eines Arbeitsstoffes erfasst, also nicht nur die Inhalation, sondern auch die Aufnahme über die Haut oder den Magen-Darm-Trakt.

Beim biologischen Monitoring von Quecksilberexponierten Arbeitnehmern kann das metallische oder anorganische Quecksilber im Urin und evtl. im Vollblut gemessen und mit dem BAT-Wert verglichen werden. Für organisches Quecksilber gibt es keinen BAT-Wert (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 MAK- und BAT-Werte für Quecksilber und seine Verbindungen (Grenzwerte am Arbeitsplatz, 2013)

Quecksilber	MAK-Wert	BAT-Wert
Metallisch	0.05 mg/m ³ bzw. 0.005 ml/m ³ Kurzzeit: 0.4 mg/m ³ bzw. 0.04 ml/m ³	25 µg/g Kreatinin im Urin 15 µg/l Vollblut
Anorganisch	0.02 mg/m ³ (e) als Hg berechnet Kurzzeit: 0.16 mg/m ³ (e)	25 µg/g Kreatinin im Urin 15 µg/l Vollblut
Organisch	0.01 mg/m ³ (e) als Hg berechnet	

e: einatembare Fraktion (engl.: inhalable fraction)

Beim biologischen Monitoring wird in der Regel das Quecksilber im Urin bestimmt, weil die Urinkonzentration die durchschnittliche Belastung des letzten Monats darstellt. Die Quecksilberkonzentration im Urin kann während des Tages allerdings erheblich schwanken, weswegen ein einzelner Messwert mit Vorsicht zu interpretieren ist. Vor Anordnung von Massnahmen bei einem erhöhten Wert ist deshalb eventuell vorerst eine erneute Messung in Betracht zu ziehen (ACGIH).

Da Quecksilber in der Niere hauptsächlich über die Glomeruli ausgeschieden wird, ist ein Kreatininbezug der Quecksilberkonzentration im Urin angezeigt. Dadurch können volumenbezogene individuelle Streuungen deutlich verringert werden. Der Kreatininwert sollte zwischen 0.5 und 3 g/l Urin liegen. Der BAT-Wert im Urin wurde in der Schweiz kürzlich auf 25 µg/g Kreatinin gesenkt. Als Grundlage hierfür diente unter anderem eine 18 Studien umfassende Meta-Analyse (Meyer-Baron M. et al. 2004), in welcher neuropsychologische Veränderungen nach Quecksilberexposition untersucht wurden. Die Belastung der Allgemeinbevölkerung liegt gemäss einem deutschen Umweltsurvey aus dem Jahre 1998 um ein Vielfaches unter dem BAT-Wert: Die 95. Perzentile betrug zirka 3 µg/g Kreatinin im Urin (Becker K. et al. 1998).

Im Gegensatz zum Quecksilber im Urin ist die Quecksilberkonzentration im Vollblut ein Indikator für eine kurz zurückliegende Belastung. Dies kann zum Beispiel bei einem kürzlich zurückliegenden Ereignis mit hoher Quecksilberfreisetzung von Interesse sein. Bei der Messung muss berücksichtigt werden, dass das Resultat wesentlich durch ausserberufliche Quecksilberquellen (Fischkonsum, Entfernen von Amalgamfüllungen) beeinflusst werden kann. Deshalb muss bei einem hohen Wert im Blut eine genaue Anamnese erhoben und gegebenenfalls die Messung wiederholt werden.

4. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Die Suva führt gemäss Artikel 70 der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen in Betrieben mit speziellen Risiken durch. Bei Quecksilber-Exponierten umfasst die arbeitsmedizinische Vorsorge ein biologisches Monitoring mit Messung der Quecksilberkonzentration im Urin sowie periodische ärztliche Untersuchungen.

Bei einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung werden folgende Punkte erfasst:

- **Anamnese:**
Schwerpunkt auf nervösen Störungen, Nierenleiden, Hautkrankheiten und Magen-Darmerkrankungen
- **Aktuelle Beschwerden:**
Schwerpunkt auf neurologischen und psychischen Störungen wie Konzentrationschwäche, Sprechstörungen, Reizbarkeit, Gedächtnisstörungen, Müdigkeit, Parästhesien, Neuralgien, Tremor, Appetitlosigkeit. Ausserdem Befragung nach Zahnfleischproblemen, Polydipsie und Polyurie, Hyperhidrosis, Palpitationen, Bronchitis, gastrointestinales Beschwerden und Ekzemen
- **Befunde:**
Psyche, Neurostatus (Intentionstremor, Schriftprobe, allenfalls weitergehende neurologische Untersuchungen), Zahnfleisch und Zahnstatus, Hidrosis, Dermatitis
- **Laboruntersuchungen:**
Urinstatus, Quecksilberkonzentration im Urin
Blutbild, Kreatinin, ALAT
- Weitere Untersuchungen je nach Beschwerdebild

5. Technische Berufskrankheitenverhütung

Um eine quecksilberbedingte Berufskrankheit zu verhindern, wird gemäss der in der Berufskrankheitenprophylaxe generell geltenden Hierarchie von Massnahmen ("STOP") vorgegangen:

1. **S**ubstitution (Ersatz) der gefährdenden Stoffe und Verfahren
2. **T**echnische Massnahmen
3. **O**rganisatorische Massnahmen
4. **P**ersonenbezogene Massnahmen

5.1. Substitution (Ersatz)

Da die Gefährlichkeit einer Exposition mit Quecksilber schon lange bekannt ist, wurde das Metall in vielen Anwendungsgebieten bereits ersetzt. Ausserdem besteht seit 2005 eine gesetzliche Pflicht, Quecksilber wo immer möglich zu substituieren (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung). So sind beispielsweise die heutigen Fieberthermometer und

Blutdruckmessgeräte quecksilberfrei. Auch in vielen Medizinalprodukten wurde das Quecksilber durch andere Substanzen ersetzt. Die Gefahr einer Exposition hat deshalb in den letzten Jahren deutlich abgenommen.

5.2. Technische Massnahmen

- Arbeitsplätze für den Umgang mit Quecksilber von anderen Arbeitsbereichen räumlich trennen
- Gute Lüftung der Arbeitsräume auch im Bodenbereich (Quecksilberdämpfe sind schwerer als Luft)
- Glatte, fugenlose Böden und Arbeitsflächen
- Arbeitstische so gestalten, dass verschüttetes Quecksilber aufgefangen wird
- Anlagen und Einrichtungen möglichst als geschlossene Systeme gestalten
- Beim offenen Umgang mit quecksilberhaltigem Material immer örtliche Absaugvorrichtungen (Abzüge, Quellenabsaugungen) verwenden; Abluft über geeigneten Filter/Adsorber ins Freie führen
- Raumlufttemperatur niedrig halten; Ablagerungen von Quecksilber und quecksilberhaltigem Staub auf allfälligen warmen Flächen (Anlageteilen, Heizkörpern, Leitungen usw.) verhindern
- Quecksilberfallen in Abläufen einbauen

5.3. Organisatorische Massnahmen

- Betriebsanweisungen erstellen und Warnhinweise an den Zutrittstüren anbringen
- Regelmässige Information und Schulung der Arbeitnehmenden
- Täglich ein- bis mehrmaliges Reinigen der Arbeitstische und des Bodens, keinen Staubsauger verwenden
- Aufbewahrung und Entsorgung von Reinigungstüchern und -schwämmen in luftdichten Packungen
- Arbeiten mit metallischem Quecksilber über Tischen mit erhöhtem Rand oder über Auffangwannen durchführen
- Behälter geschlossen halten; Überschichten von flüssigem Quecksilber mit Paraffinöl oder mit einem anderen geeigneten Material, um die Verdampfung des Quecksilbers zu verhindern
- Sofortiges Aufsammeln von verschüttetem metallischem Quecksilber mit spezifischem Hilfsmittel (Quecksilberzange, Pipette, speziellem Bindemittel)
- Separate Garderobekästen für Arbeitskleider und Freizeitkleider
- Ess-, Trink- und Rauchverbot in den Arbeitsräumen, Rauchverbot für die Toilette

5.4. Personenbezogene Massnahmen

- Tragen von separaten Schuhen am Arbeitsort
- Tragen von Arbeitshandschuhen mit über die Ärmelenden reichenden Stulpen
- Bei der Arbeit keinen Hand- oder Armschmuck tragen

- Taschenlose, glatte Arbeitsbekleidung benutzen
- Bei unvermeidlichen Expositionen gegenüber Quecksilberdämpfen und -stäuben Atemschutzmaske mit geeignetem Filter (z.B. Kombifilter Typ Hg-P3), bei stärkerer Exposition umgebungsunabhängiges Atemschutzgerät tragen
- Vor den Pausen und nach der Arbeit Hände mit Bürste und Gesicht sauber waschen, Zähne reinigen und Mund spülen.
- Am Ende der Schicht duschen und Haare waschen
- Mund vor jedem Trinken ausspülen

6. Literatur

ACGIH: Documentation of the Threshold Limit Values for Biological Exposure Indices. 7th Edition. Mercury, Elemental and Inorganic, 2001.

Becker K et al.: German Environmental Survey 1998 (GerES III): Environmental Pollutants in the Urine of the German Population; Int J Hyg Environ Health 1998; 206 (1): 15-24

Clarkson TW et al.: The toxicology of mercury - current exposures and clinical manifestations; NEJM 2003; 349: 1731-1737

DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft): Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte), Arbeitsmedizinisch-toxikologische Begründungen, Addendum zu Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen, VCH 2006; Bd. 1: 27-66

DGAUM (Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.): Arbeitsmedizinische Leitlinie, Arbeiten unter Einwirkung von Quecksilber und seinen Verbindungen; Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin 2009; 44 (9): 491-493

DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung): Arbeitsmedizinische Vorsorge, 5. vollständig neubearbeitete Auflage 2010; Gentner Verlag

Greim H. (Hrsg.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen); Wiley-VCH, Weinheim

Greim H. (Hrsg.): Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte (BAT-Werte) und Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA); Wiley-VCH, Weinheim

Lauwerys R.R. et al.: Industrial Chemical Exposure, Guidelines for Biological Monitoring; 3rd edition 2001; Lewis Publishers

Lauwerys R.R. et al.: Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Masson, 5^{ème} édition 2007.

Meyer-Baron M. et al.: A meta-analysis for neurobehavioural results due to occupational mercury exposure; Arch Toxicol 2002; 76: 127-136

Meyer-Baron M. et al.: Neurobehavioural test results and exposure to inorganic mercury: in search of dose-response relations; Arch Toxicol 2004; 78 (4): 207-211

Nordberg G.F. et al.: Handbook on the toxicology of metals; 3rd edition 2007, Elsevier

Rosenstock L. et al.: Textbook auf clinical occupational and environmental medicine; 2nd edition 2005, Elsevier Saunders

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks): The safety of dental amalgam and alternative dental restoration materials for patients and users; European Commission 2008

Jost M. und Pletscher C.: Biologisches Monitoring und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte, Factsheet Arbeitsmedizin; Suva 2009, www.suva.ch

Suva, Grenzwerte am Arbeitsplatz 2012, Form 1903

Triebig G. et al.: Arbeitsmedizin, Handbuch für Theorie und Praxis; 3. vollständige Neubearbeitete Auflage 2011, Gentner Verlag

Umweltbundesamt: Antworten auf häufig gestellte Fragen zum Thema "Licht". <http://www.umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm>. Last access on 03.01.2013

Will W. et al.: Biomonitoring bei Quecksilber-Exposition - Volumenbezug oder Kreatininkorrektur bei Urinwerten?; ErgoMed 2008; 1: 8-12